

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/DE05/000232

International filing date: 10 February 2005 (10.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE
Number: 10 2004 006 322.2
Filing date: 10 February 2004 (10.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 02 September 2005 (02.09.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 10 2004 006 322.2

Anmeldetag: 10. Februar 2004

Anmelder/Inhaber: RAPID Biomedizinische Geräte RAPID
Biomedical GmbH, 97222 Rimpfing/DE

Bezeichnung: Abbildungsvorrichtung zur Nutzung der
kernmagnetischen Resonanz

IPC: G 01 R 33/341

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 19. August 2005
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Wehr'.

Wehr

Abbildungsvorrichtung zur Nutzung der kernmagnetischen Resonanz

5

Die Erfindung bezieht sich auf eine Abbildungsvorrichtung zur Nutzung der kernmagnetischen Resonanz (WMR) unter Verwendung von Spulen, die dem Senden und/oder Empfangen der Frequenzsignale (Lamorfrequenz) dienen und die in Feldern (Arrays) zusammengefasst sind, wobei die einzelne Spule aus einer Leiterbahn besteht, die eine Fläche definiert.

10

15

Die Nutzung der magnetischen Kernresonanz hat als ein wichtiges bildgebendes Verfahren weite Verbreitung gefunden. Hierbei wird der Effekt genutzt, dass Atome in einem homogenen magnetischen Feld bei Zuführung von Energie mittels elektromagnetischer Wellen bestimmter Frequenzen aufgrund Absorption eine Anregung erfahren. Die Frequenz bestimmt sich hierbei aus der Stärke des konstanten Magnetfeldes und den speziellen charakteristischen Eigenschaften des Kernes. Nach kurzer Zeit kehren die angeregten Spins in ihren Grundzustand, also den tiefsten Energiezustand zurück und emittieren ein elektromagnetisches Signal, dass über Empfangsspulen erfasst und zur Konstruktion des Bildes genutzt wird. Grundsätzlich können die gleichen Spulenelemente zur Anregung (Senden eines Signals) als auch zum Empfang genutzt werden. Hierzu wird eine größere Anzahl an Spulen in sog. Arrays zusammengefasst. Je größer die Dichte, also die Anzahl der einzelnen Spulen pro Flächeneinheit, umso besser wird das Signal-/Rausch-Verhältnis. Hiermit kann z. B. die Auflösung des hieraus hergeleiteten Bildes erhöht werden. Entscheidender Vorzug ist weiter die Möglichkeit der

20

25

30



10.02.04

Nutzung parallelbildgebender Verfahren, die eine höhere Aufnahme-
geschwindigkeit realisierbar machen.

5

Aus dem Stande der Technik (siehe beispielsweise die WO 02/315
22) sind sog. MTL-Spulen (Microstrip transmission line) bekannt, die
in ihrem einfachsten Aufbau aus einem streifenförmigen Leiter be-
stehen, der auf einem Dielektrikum aufgebracht wird und an dessen
gegenüberliegender Seite sich eine leitfähige Grundplatte befindet.

10

Der Erfindung liegt die zentrale Aufgabe zugrunde, das im wesentli-
chen die Leistungsfähigkeit bestimmter Auflösungsvermögen bildge-
bende Verfahren nach dem NMR-Prinzip weiter zu verbessern.

15

Gelöst wird diese Aufgabe dadurch, dass
zumindest in der Fläche ein elektrischer Leiter angebracht ist, der in
Bezug auf die Spule außerhalb oder innerhalb angeordnet ist, diese
vollständig umläuft und in sich geschlossen ist.

20

Der Begriff „vollständig umläuft und in sich geschlossen“ meint, dass
der Leiter eine geschlossene Schleife darstellt, die in ihrem räumli-
chen Verlauf an der Leiterbahn der Spule orientiert ist, also in Nach-
barschaft, im allgemeinsten Fall mit variablem Abstand und entlang
der Leiterbahn verläuft.

25

Der erfindungsgemäßen Lösung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass
ein hohes Auflösungsvermögens dann erreicht wird, wenn das durch
die einzelnen Spulen gebildete Array ein Maximum an Dichte auf-
weist, d.h. dass möglichst viele Spulen möglichst nahe beieinander
liegen. Dieses Ziel erreicht man durch in ihren Abmessungen klein-
bauende Spulen, deren relativer Abstand möglichst gering gewählt
wird. Die letzte Forderung hat jedoch den entscheidenden Nachteil,

30



10.02.04

dass wechselseitige Beeinflussungen und Kopplungen benachbarten Spulen, sei es beim Senden oder Empfangen, nicht auszuschließen sind. Ausgehend von diesen Erkenntnissen geht der erfindungsgemäße Lösungsvorschlag dahin, die aus einem streifenförmigen Leiter gebildete Spule, die im wesentlichen aus einer aus dem Stande der Technik bekannten Weise aus einer offenen Schleife bestehen kann, nach außen oder innen zu mit einem geschlossenen elektrischen Leiter zu umgeben. Er verläuft im wesentlichen in der durch die Spule beschriebenen Fläche. Allerdings soll nicht ausgeschlossen werden, dass sich der geschlossene Leiter senkrecht zu der durch die Spule beschriebenen Ebene erstrecken kann. Eine größere Anzahl dieser vorbeschriebenen einzelnen Spulen wird in bekannter Weise zu einem Array zusammengefasst.

Im Rahmen der Erfindung ist denkbar, den Leiter innerhalb oder ausserhalb der Leiterbahn der Spule anzubringen, weil die zur Kompensation im Leiter durch auftreffende Wellenfelder erzeugten Ladungsverschiebungen und Ströme die vom Leiter ausgehenden Felder vom Ort der Anbringung (innerhalb oder ausserhalb der Spule) weitgehend unbeeinflusst bleiben. Vielmehr tritt die Abschirmeffekt bei beiden Anordnungen ein. Grundsätzlich bestehende Unterschiede bei der Anordnungen sind bei entweder großem Abstand zwischen Spule und Leiter und/oder geringer Entfernung des Messpunktes feststellbar. Die Unterschiede werden bei geringem Abstand oder hinreichend großer Entfernung verschwindend gering.

Ausdrücklich vom Schutz umfasst sind auch bauliche Anordnungen, in denen sich ein Leiter innerhalb und ein weiterer Leiter außerhalb der Leiterbahn der Spule verläuft.

Die Wirkungsweise ist wie folgt:

In an sich bekannter Weise sendet und/oder empfängt die Spule die entsprechenden Radiofrequenzen im wesentlichen in Richtung senkrecht zu der durch die Spule beschriebenen Fläche. Der zusätzlich angebrachte, umlaufende und in sich geschlossenen Leiter wirkt als Abschirmung sowohl von elektrischen als auch magnetischen Feldern. Die umgebenden elektrischen Felder enden an dem Leiter, der nach Art eines Faradayschen Käfigs die elektrischen Felder abhält. Das Auftreffen der magnetischen Wechselfelder bewirkt zudem die Ausbildung von Wirbelströmen, die nach der Lenzschen Regel den die Wirbelströme erzeugenden magnetischen Felder entgegengerichtet sind und somit zu deren Kompensation beitragen. Im Ergebnis ergibt sich folglich eine elektrische als auch eine magnetische Abschirmung.

Durch die Anordnung des Leiters in der Fläche der Spule wird eine Abschirmung im wesentlichen in dieser Richtung bewirkt, sodass die Sende- und/oder Empfangssignale, die im wesentlichen senkrecht zu der durch die Spule definierten Ebene abgegeben und/oder empfangen werden, ungehindert bleiben. In Richtung der benachbarten Spulen, die sich im wesentlichen in der durch den Leiter definierten Fläche anschließen, erfolgt eine nahezu vollständige Abschirmung sowohl elektrischer als auch magnetischer Wechselfelder. Somit sind die benachbarten Spulen weitgehend voneinander unabhängig und können somit im geringstem Abstand zueinander und unter Ausschluss gegenseitiger Beeinflussung arbeiten (senden und/oder empfangen). Der vorgeschlagene Spulenaufbau erlaubt eine wesentliche Verbesserung des Signal-/ Rausch- Verhältnisses. Damit können das Auflösungsvermögen und die Aufnahmegeschwindigkeit erhöht werden.



10.02.04

5

Die räumliche Anordnung der Verlauf des die Spule bildenden Mikrostrips ist in der durch die Spule definierten Fläche im allgemeinsten Falle beliebig. Bevorzugt ist die Form eines Kreises, eines Rechteckes, eines Sechseckes oder eines Polygons zu wählen. Gerade diese Formen erlauben aus räumlichen Gründen eine dichte Anordnung der benachbarten Spulen, die mit ihren jeweils zugeordneten Flächen seitlich aneinander anschließen.

10

Im allgemeinsten Fall beliebig ist das Krümmungsverhalten der durch die Spule definierten Fläche. Im speziellen Falle bevorzugt ist, aus Gründen der Praktikabilität der Herstellung eine Ebene zu wählen.

15

Der die Spule umgebende und die Abschirmung darstellende Leiter hat zur zwingenden Voraussetzung der Wirksamkeit eine Anordnung außerhalb der Spule im wesentlichen in der durch die Spule definierten Fläche sowie zusätzlich die Notwendigkeit in sich geschlossen zu sein. Andernfalls wären die zu Kompensation der elektrischen und magnetischen Felder erforderlichen Ausgleichsströme und Spannungen innerhalb der Abschirmung behindert. Der Abstand zwischen Spule und dem die Abschirmung bildenden Leiter kann im allgemeinsten Fall unterschiedlich gewählt werden. In spezieller Ausgestaltung bevorzugt ist, dass der Abstand zwischen der Spule sowie dem vom Mittelpunkt aus gesehen außerhalb liegenden und die Abschirmung bildenden Leiter über den Umfang unterschiedlich gewählt werden kann. Bevorzugt ist jedoch eine Äquidistanz d.h. ein über dem gesamten Umfang konstanter Abstand zwischen Spule und Leiter.

25

30

Die Eigenfrequenzen der Spulen sind abzustellen auf die Resonanzfrequenz der Atome. Die gesamte, aus Spule und Abschirmung bestehende Anordnung weist durch den konstruktiven Aufbau bedingte

Induktivitäten und Kapazitäten auf. Zur Abstimmung auf die Resonanzfrequenz des magnetischen Momentes des Kernes ist die Anbringung zusätzlicher Induktivitäten und/oder Kapazitäten in vielen Fällen aus der Notwendigkeit der Abstimmung erforderlich.

5

Im speziellen wird vorgeschlagen, die Kapazitäten zwischen der Spule und der Abschirmung anzubringen; die Kapazitäten weisen somit ausgehend vom Mittelpunkt etwa in radiale Richtung.

10

In ihrer allgemeinsten Anspruchsfassung ist gefordert, dass der die Abschirmung bildende Leiter in der durch die Spule definierten Fläche zu positionieren ist. Ausdrücklich werden auch jene Ausführungsformen unter Schutz gestellt, bei denen sich der die Abschirmung bildende Leiter ein – oder beidseitig über die Fläche heraus und zwar im wesentlichen senkrecht hierzu erstreckt. Im Falle der Verwendung bandförmiger Leiter als Abschirmung ist die Erstreckung über die durch die Spule definierte Ebene hinaus unvermeidbar und führt in der Regel zu einer Verbesserung der Abschirmungseigenschaften.

15

20

Aus der Theorie der Abschirmung elektrischer Felder mit Hilfe Faradayscher Käfige ist dessen Erdung bekannt. Aufgrund des symmetrischen Aufbaues von Spule und Abschirmung treten im Hinblick auf die in der Abschirmung sich ausbildenden elektrischen Ladungsverschiebungen und/oder Wirbelströme symmetrische Verhältnisse auf, d.h., dass innerhalb der Abschirmung bei integraler Betrachtung eine Kompensation eintritt. Eine Erdung der Abschirmung ist daher nicht zwingend erforderlich, weil die Abschirmung auf gleichem Potential verbleibt. Dennoch wird in einer zweckmäßigen Weiterbildung die Erdung der Abschirmung vorgeschlagen.

25

30



Der Spulenkreis ist nach außen über eine Versorgung (beim Senden) oder über eine Auswerteeinheit (beim Empfangen) angeschlossen. Bei bestimmten Betriebsmoden ist man daran interessiert, bestimmte Spulen wirkungslos zu schalten, z.B. dann, wenn eine Spule nur zum Senden oder nur zum Empfangen eingesetzt werden soll oder auch dann, wenn nur mit einzelnen Spulen gearbeitet werden soll. Hierfür wird vorgeschlagen, die Spule über eine PIN – Diode kurzzuschließen. Der Name PIN leitet sich aus den drei Bereichen der Diode ab (Positiv, Intrinsic, Negativ) und ist eine von außen schaltbare Diode, die im Arbeitszustand geöffnet ist und bei Kurzschließen die Spule wirkungslos schaltet. Durch die Ansteuerung lässt sich die Wirkung der Spule problemlos zu- und abschalten.

In einer vorteilhaften Weiterbildung ist der als Abschirmung wirkende Leiter ebenfalls über einen Schalter temporär öffnbar. Mit Öffnung wird die Abschirmwirkung weggeschaltet; bei einem geschlossenen Leiter hingegen ist die Abschirmung zugeschaltet. Bei bestimmten Betriebszuständen, so z.B. beim Senden, empfiehlt sich zur Vermeidung von Energieverlusten die Abschirmung wirkungslos zu machen, in dem sie beispielsweise in vorbeschriebener Weise weggeschaltet wird. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass im nicht aktiven Betriebszustand, d.h. bei weggeschalteter Spule eine weitere Wegschaltung auf der Abschirmung den entscheidenden Vorteil bietet, dass Verzerrungen des Magnetfeldes vermieden werden. Die bauliche Konkretisierung des temporären Öffnens oder Schließens des Leiters steht dem Rahmen der Erfindung grundsätzlich frei. Ähnlich wie bei der Spule kann eine schaltbare Diode zur Überbrückung eingesetzt werden, die das Zu- und Wegschalten durch Öffnen und Schließen der Diode in Durchlassrichtung vornimmt. Eine Ansteuerung ist möglich durch Verwendung von PIN-Dioden.

Weitere Ausgestaltungen, Vorteile und Merkmale der Erfindung lassen sich dem nachfolgendem Beschreibungsteil entnehmen, indem anhand der Zeichnung ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert wird. Es zeigt:

5

Figur 1. den Aufbau einer erfindungsgemäßen Spule in prinzipienhafter Darstellung in Draufsicht.

10

Figuren 2 bis Figur 9 stellen verschieden bauliche Lösungen des erfindungsgemäßen Gedankens dar.

15

Die Spule (1) besteht in gezeigtem Ausführungsbeispiel aus einem einzigen streifenförmigen Leiter, der etwa rechteckförmig in seinem Verlauf angeordnet und auf einer Grundplatte befestigt ist. Nicht dargestellt sind die Verbindungen zu einer Stromversorgung im Fall des Betriebes als Sendespule oder einem Frequenzdecoder beim Betrieb als Empfangsspule, die mit Hilfe eines Koaxialkabels oder anderer Verbindungen hergestellt werden kann. Derartige aus einem aus einem einzigen Streifen aufgebaute Spulen (1) sind unter der englischen Bezeichnung microstrip transmission line (MTL) aus dem Stande der Technik bekannt.

20

25

Die erfindungsgemäß vorgeschlagene Weiterbildung besteht darin, dass die Spule (1) auf der durch diese definierten Fläche (2) ein Leiter (3) angebracht ist, der in sich geschlossen ist und die Spule (1) umgibt. Eine Erdung ist im allgemeinsten Fall nicht zwingend erforderlich.

30

Dieser umgebende Leiter (3) hat die Funktion einer Abschirmung von sowohl elektrischen als auch magnetischen Feldern, wobei die Abschirmung der elektrischen Felder im wesentlichen nach dem Prinzip des Faradayschen Käfigs und die der magnetischen Wechselfelder

durch Induktion von Wirbelströmen erfolgt, die zu einer Kompensation der auftreffenden magnetischen Felder führen.

5 Als Ergebnis erhält man eine weitgehende Abschirmung der Spule (1) von den im wesentlichen in Richtung der Fläche (2) einwirkenden Störfelder (es handelt sich hierbei um die Richtung in der sich die benachbarten Spulen des Arrays angeordnet sind) aber auch der Reduzierung der Beeinflussung benachbarter Spulen durch die betrachtete. Eine Beeinflussung von Senden und/oder Empfangen von Signalen, die im wesentlichen senkrecht zu der Fläche (2) und damit senkrecht zur Zeichenebene verlaufen, findet nicht statt.

10 In den nachfolgenden Zeichnungen werden in prinzipienhafter Darstellung unterschiedliche Lösungen des erfindungsgemäßen Gedankens wiedergegeben.

15 Figur 2 zeigt eine Lösung bei welcher die Spule 1 über einen Kondensator 4 überbrückt ist, hingegen der Leiter 3 in sich geschlossen, koaxial verlaufend und nach außen beabstandet ist.

20 Eine vergleichbare Lösung zeigt Figur 3 mit dem Unterschied, dass zusätzlich zu Überbrückung des Kondensators 4 eine schaltbare Diode 5 eingesetzt ist. Durch Kurzschließen des Kondensators ergibt sich ein Schließen der Spule 1.

25 Figur 4 zeigt eine zu vorgenannter Figur vergleichbare Anordnung mit dem Unterschied, dass in Reihe zur Diode 5 eine Induktivität 7 geschaltet ist. Das Schwingungsverhalten lässt sich bekanntlich durch entsprechende Wahl des Kondensators 4 als auch der Induktivität 7 in der gewünschten Weise abstimmen.

30

Figur 5 zeigt eine Anordnung, bei welcher die über den Kondensator 4 geöffnete Spule 1 von einem Leiter 3 umgeben ist, in welchem die schaltbare Diode 5 Anordnung findet. Die Abschirmwirkung des Leiters 3 kann durch Zu/Abschalten der Diode 5 in seine Wirkung beeinflusst werden.

5

Eine von den vorbeschriebenen Anordnungen grundlegend abweichende Realisierung des erfindungsgemäßen Gedankens findet sich in Figur 6. Hierbei ist die Spule 1 offen. Nicht nur auf der Außenseite, sondern auch auf der Innenseite verläuft coaxial jeweils ein in sich geschlossener und der Abschirmung dienender Leiter 3. Im Unterschied zu oben kann eine Anbringung des Leiters 3 auch (zusätzlich) innerhalb der Spule 1 erfolgen.

10

15

Eine aus einer offenen und innen angeordneten Spule 1 und einem coaxial nach außen zu angeordneten und als Abschirmung dienenden Leiter 3 bestehende Anordnung ist in der Figur 7 wiedergegeben. Charakteristisch für diese Anordnung ist die Anbringung zusätzlicher Kapazitäten zwischen Leiter und Spule. Durch entsprechende Wahl von Anzahl und Größe der Kapazitäten und der Tatsache, dass elektrische Leiter im Rahmen hoher Frequenzbereiche Induktivitäten aufweisen, lässt sich das Schwingungsverhalten und insbesondere die Resonanzfrequenz beeinflussen und einstellen.

20

25

In Figur 8 wurde anstelle der Diode ein Kondensator 4 eingebaut, der eine Öffnung der Spule für Gleichstrom und eine Überbrückung entsprechenden Widerstandes, die frequenzabhängig ist, für Wechselstrom darstellt.

30

Figur 9 zeigt eine hierzu vergleichbare Anordnung mit dem Unterschied, dass die Spule über eine schaltbare Diode 5 überbrückt ist. Ein Kurzschließen der Spule ist somit von Außen her unproblematisch möglich.

Patentansprüche

5

1. Abbildungsvorrichtung zur Nutzung der kernmagnetischen Resonanz (KMR) unter Verwendung von Spulen (1), die dem Senden und/oder Empfangen der Frequenzsignale (Lamorfrequenz) dienen und die in Feldern (Arrays) zusammengefasst sind, wobei die einzelne Spule (1) aus einer Leiterbahn besteht, die eine Fläche (2) definiert, **dadurch gekennzeichnet**, dass

10

zumindest in der Fläche (2) ein elektrischer Leiter (3) angebracht ist, der in Bezug auf die Spule (1) außerhalb oder innerhalb angeordnet ist, diese vollständig umläuft und in sich geschlossen ist.

15

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeweils mindestens ein Leiter (3) innerhalb und außerhalb der Spule (1) angeordnet ist.

20

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der räumliche Verlauf von Spule (1) und/oder Leiter (3) ein Kreis, ein Rechteck, ein Sechseck oder ein Polygonzug ist.

25

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fläche (2) eine Ebene ist.

30

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **gekennzeichnet durch** eine Äquidistanz zwischen Spule (1) und dem umlaufenden Leiter (3).

5

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzliche Induktivitäten und/oder Kapazitäten in Spule (1) und/oder Leiter (3) eingebaut sind.

10

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kapazitäten zwischen Spule (1) und Leiter (3) angeordnet sind.

15

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der die Abschirmung bildende Leiter (3) sich ein- oder beidseitig senkrecht über die Fläche (2) hinaus erstreckt.

20

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Leiter (3) der Abschirmung **geerdet** ist.

25

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spule (1) über eine schaltbare Diode, insbesondere eine PIN-Diode, kurzschließbar ist.

30



10.02.04

1

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Leiter (3) über einen Schalter, z. B. eine schaltbare Diode, insbesondere PIN-Diode, temporär geöffnet werden kann.

Zusammenfassung

Abbildungsverrichtung zur Nutzung der kernmagnetischen Resonanz

5

Vorgeschlagen wird eine Abbildungsverrichtung zur Nutzung der kernmagnetischen Resonanz (KMR) unter Verwendung von Spulen (1), die dem Senden und/oder Empfangen der Frequenzsignale (Lamorfrequenz) dienen und die in Feldern (Arrays) zusammengefasst sind, wobei die einzelne Spule (1) aus einer Leiterbahn besteht, die eine Fläche (2) definiert, wobei zumindest in der Fläche (2) ein elektrischer Leiter (3) angebracht ist, der in Bezug auf die Spule (1) außerhalb oder innerhalb angeordnet ist, diese vollständig umläuft und in sich geschlossen ist.

10

15

- Fig. 1 -

Fig. 1

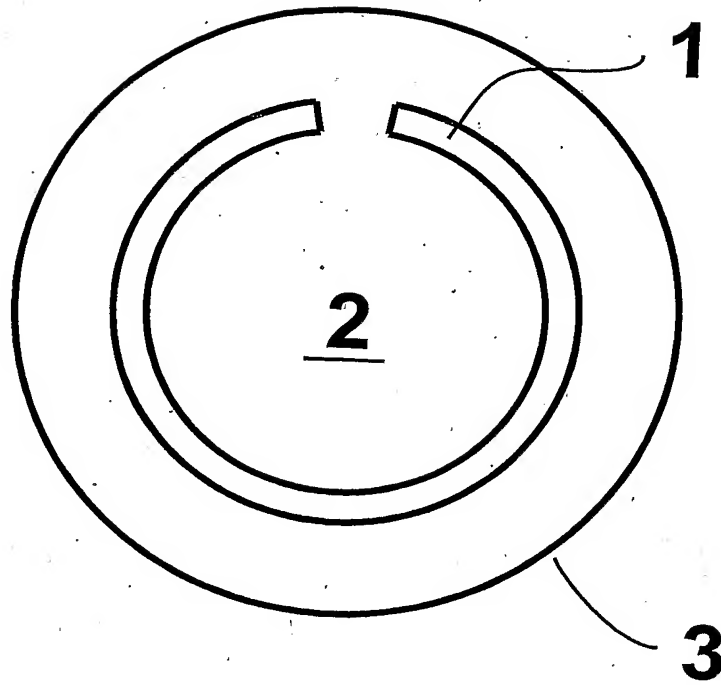


Fig. 2

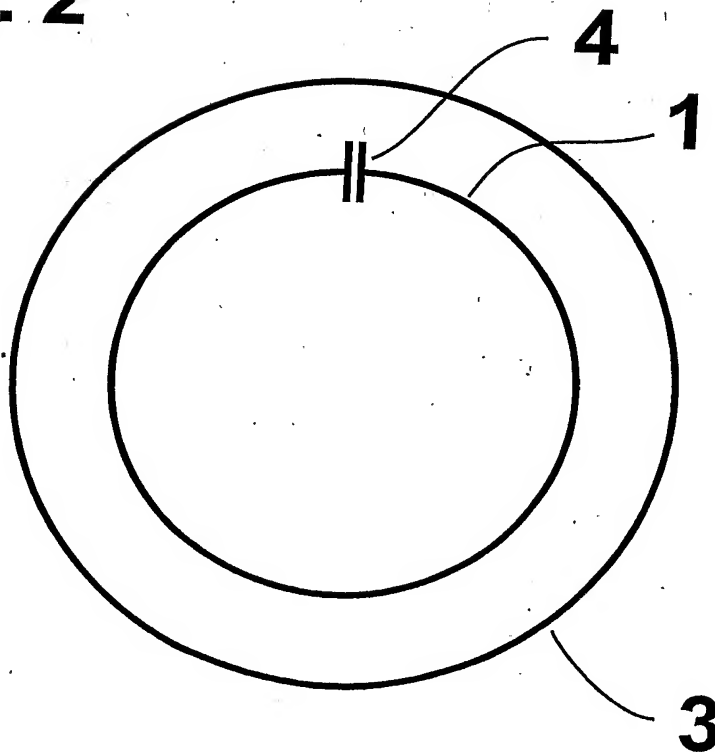


Fig. 3

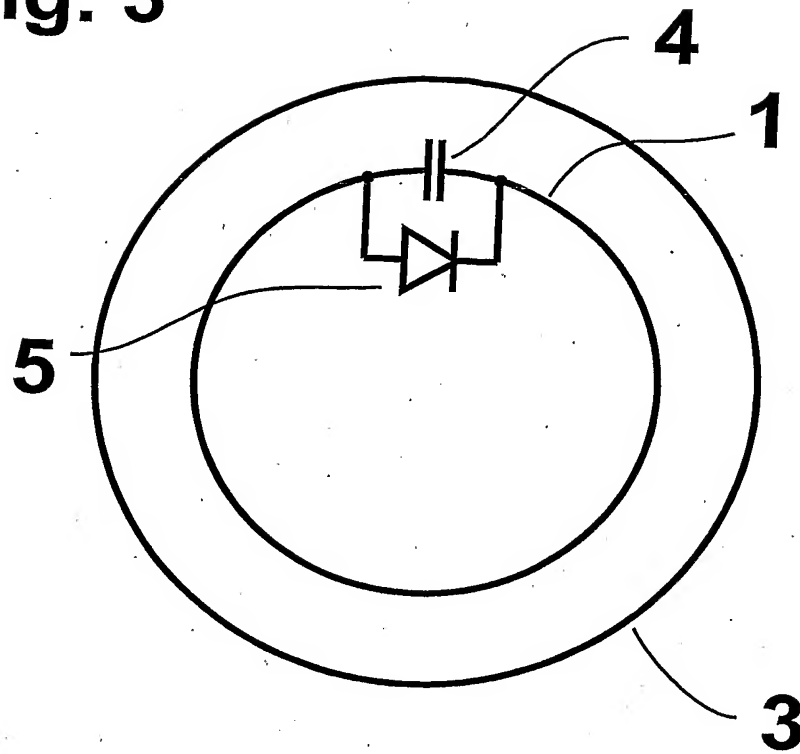


Fig. 4

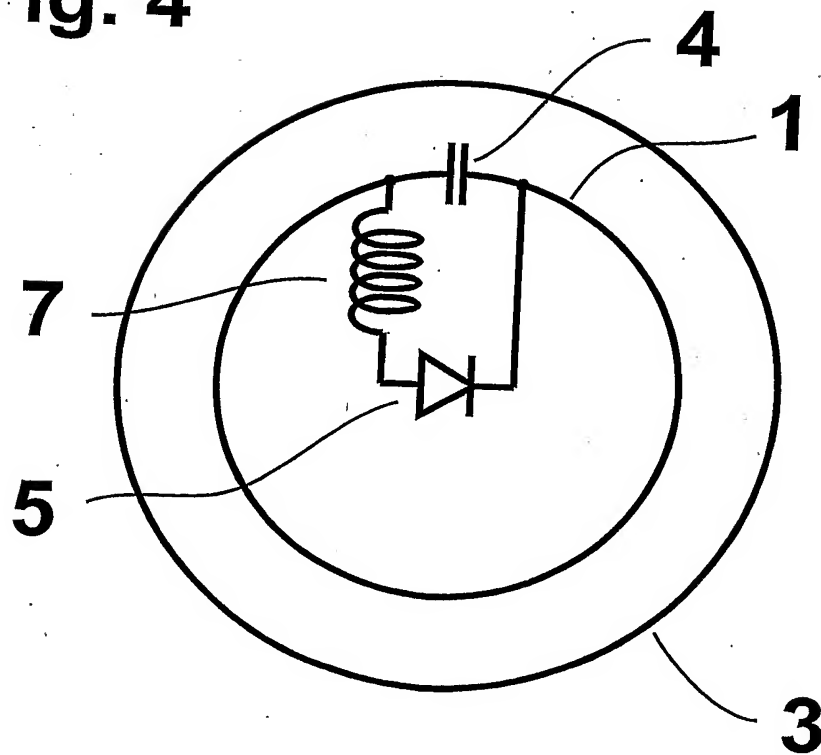


Fig. 5

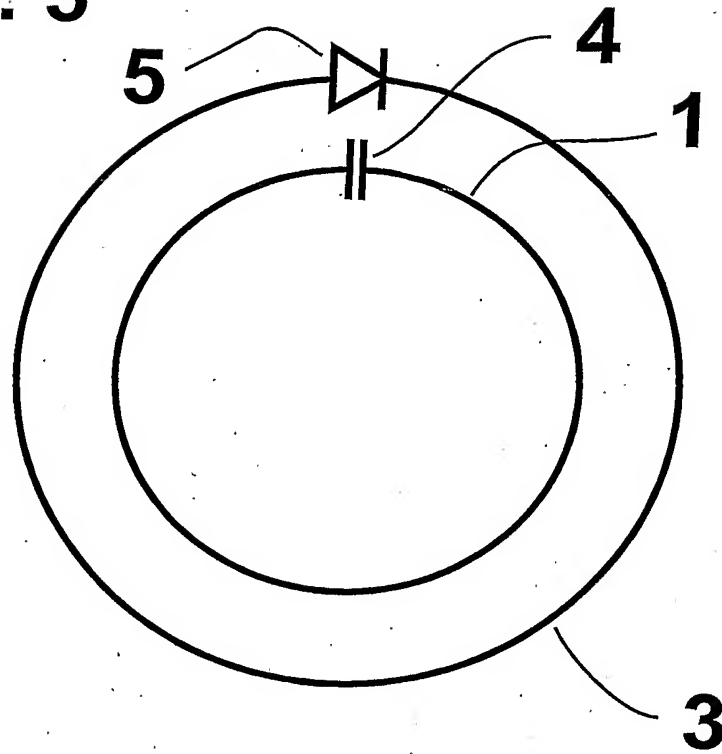


Fig. 6

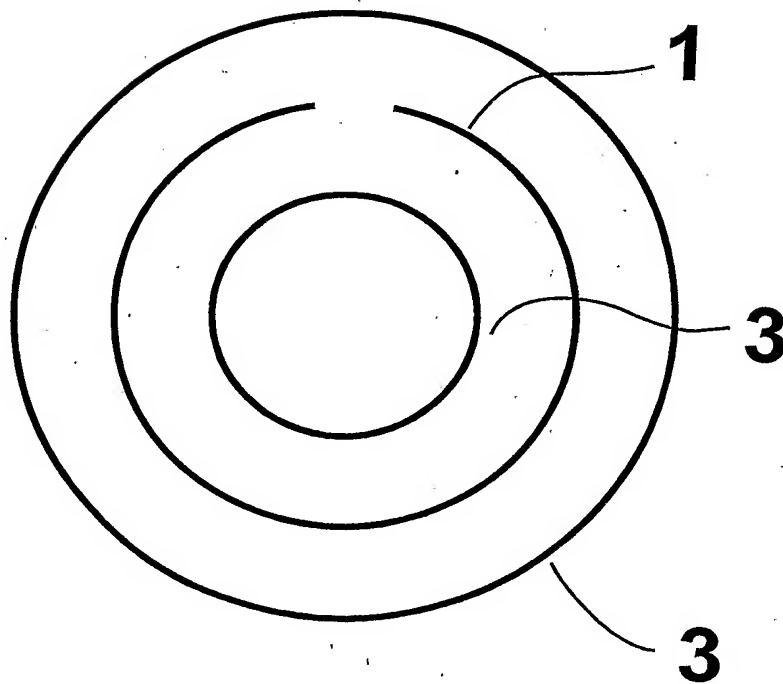


Fig. 7

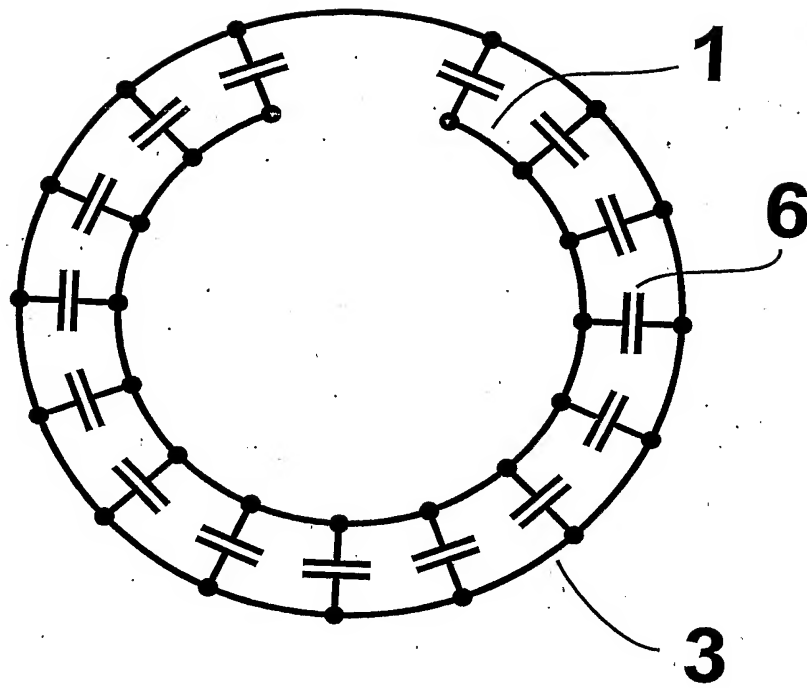


Fig. 8

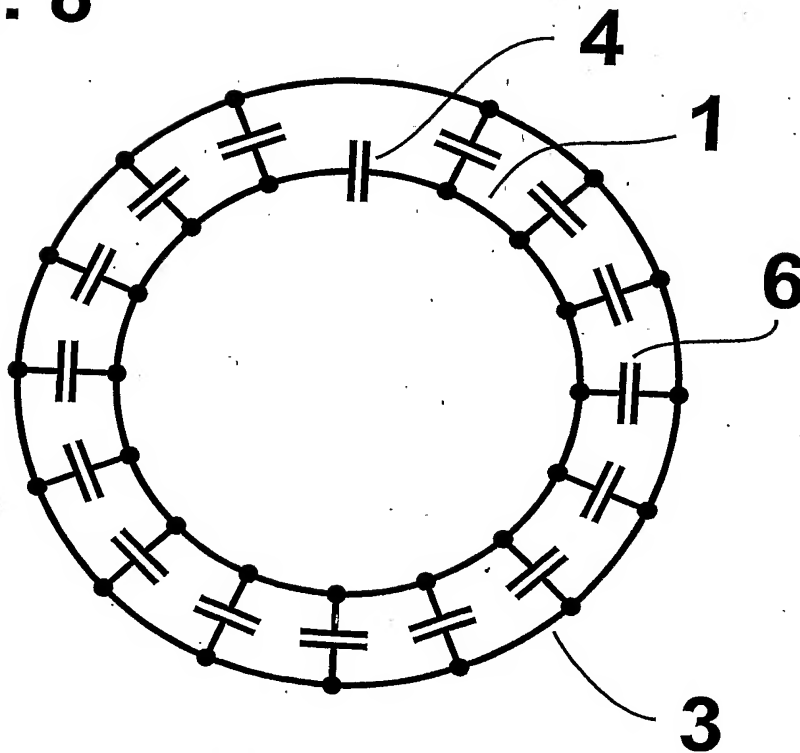


Fig. 9

